پژوهشنامه خراسان بزرگ

شماره ۳۵ تابستان ۱۳۹۸

No.35 Summer 2019

۲۰-۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۶

اوضاع اقتصادی شهر مشهد در عصر ناصری با تکیه‌بر تجزیه عنصری سکه های ضرب شده در مشهد (۱۲۹۵-۱۲۶۶ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م) به روش پیکسی

محمدحسین رضایی: استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه نیشابور (mohammad.1561@yahoo.com)

محمد امین سعادت‌مهر: دانشجوی دکترای باستان‌شناسی دانشگاه مازندران (ma.saadatmehr@gmail.com)

پیمان ابوالبشری: استادیار گروه باستان‌شناسی و تاریخ دانشگاه نیشابور

سوسن کیان‌زادگان: دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد تاریخ از دانشگاه فردوسی مشهد (s.kian1991@yahoo.com)

چکیده

شهر مشهد به دلیل شرایط اقتصادی، تجاری، دینی و جایگاه محوری در ایالت خراسان، اهمیت ویژه‌ای داشته است. به همین خاطر از دوره تیموری ضرابخانه فعالی تا سال ۱۲۹۵ق/ ۱۸۷۸م در این شهر دایر بود و در دوره ناصرالدین‌شاه قاجار (۱۳۱۳-۱۲۶۴ق/ ۱۸۹۶-۱۸۴۸م) قِران‌های نقره فراوانی بین سال‌های ۱۲۹۵-۱۲۶۶ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م به ضرب رسانده است. نظام ضرب سکه دوره ناصری هرچند به‌صورت اسمی پیرو نظام تهران بود، اما در عمل هر شهر، نظامی خودمختار داشت و سکه‌های بیشتر شهرها با مقادیر متفاوت خلوص نقره به ضرب می‌رسید. این مسئله دو پرسش در حوزه ضرابخانه اصلی مشهد طرح می‌سازد. ۱. مقدار خلوص نقره سکه‌های ضرب شده در مشهد چگونه بوده است و سیر تغییرات آن چگونه رقم خورده است؟ ۲. سکه‌های شهر مشهد، در جایگاه شهر مهم اقتصادی، در برابر شهرهای مهم دیگر نظیر تبریز، تهران، اصفهان و شیراز چگونه بوده است؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، تجزیه عنصری سکه‌های این دوره با استفاده از شیوه پیکسی به دلیل غیرمخرب بودن، سرعت و دقت بالای آن، پایه اصلی این پژوهش قرار گرفت تا تحلیلی از میزان تعهد مشهد به نظام مرکزی ضرب سکه در تواریخ مختلف در مقایسه با سایر شهرهای اصلی ایران عصر قاجار ارائه شود. در این نوشته تعداد ۳۰ سکه در ۳۰ تاریخ متفاوت، مورد تجزیه عنصری قرار گرفت که درنتیجه روند تغییرات میزان خلوص نقره به‌طور میانگین در سه بازه زمانی بین سال‌های ۱۲۸۰-۱۲۶۶ق/ ۱۸۶۴-۱۸۵۰م ۹۰,۰۹ درصد، ۱۲۹۰-۱۲۸۱ق/ ۱۸۷۳-۱۸۶۵م ۸۷,۱۴ درصد، ۱۲۹۵-۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۸-۱۸۷۴م ۸۴,۳۰ درصد و در کل این دوره سی‌ساله ۸۸,۱۴ درصد، تبیین و جایگاه آن از نظر میزان خلوص نقره در مقابل ضرابخانه‌های تبریز (۸۲%)، تهران (۹۰%)، اصفهان (۸۴%) و شیراز (۹۰%)، مشخص شد. نتایج آزمایش پیکسی بر روی نمونه‌های موردمطالعه مشخص کرد، وجود عنصر مس (۷,۲۴%) و عنصر آهن (۲,۳۵%) از میزان طبیعی بیشتر بوده و این بیانگر آمیختگی اختیاری در جهت عیارکردن فلز نقره است. علاوه بر آن وجود عنصر سرب (۰,۸۶%) نشانگر استفاده از معادن سرب (سروزیت یا گالنا) برای تهیه فلز نقره و عدم دقت در استحصال آن بوده است. همچنین وجود عنصر طلا (۰,۵۵%) می‌تواند نشانگر استفاده از معادن نوع سروزیت باشد.

واژگان کلیدی: آزمایش پیکسی، باستان‌سنجی، سکه‌شناسی، مشهد، ناصرالدین‌شاه قاجار

Abstract

The city of Mashhad was particularly important in the Islamic period due to its economic, commercial, religious and pivotal conditions in the province of Khorasan. For this reason, an active mint was established in the city during the Timurid era until 1295 AH / 1878 and during the period of Nasser Al-Din Shah Qajar (1313-1264 AH / 1896-1848) many silver coins were minted between the years 1295-1266 AH / 1878-1850. Although the Nasserian coinage system was nominally adherent to the Tehran regime, in practice each city had an autonomous system, and most city coins were minted with varying amounts of silver purity. This issue raises two questions in the field of Mashhad's main mint. 1. What was the purity of silver coins minted in Mashhad and how did it change? 2. How were the coins of Mashhad, as an important econimic city, compared to other important cities such as Tabriz, Tehran, Isfahan and Shiraz? To answer these questions, elemental analysis of coins of this period using Pixie method due to its non-destructive, high speed and accuracy, was the main basis of this study to analyze Mashhad's commitment to the central coinage system in different histories compared to other major cities in Qajar era in Iran. In this study, 30 coins in 30 different dates were used for elemental analysis, which resulted in a trend of changes in the average purity of silver in the three intervals between 90.09% 1880-1880-1280-1290.09%, 1890-1281 1290-1865 years 87.14%, 1295-1291h / 1878-1874m 84.30% and for the whole thirty-year period 88.14%, showing its position in terms of purity of silver compared to the mints of Tabriz (82%), Tehran (90%), Isfahan (84 %) and Shiraz (90%). The results of the Pixie experiment on the specimens indicated that the presence of the copper element (7.24%) and the iron element (2.35%) is higher than the normal amount, and this indicates an optional fusion for the sterilization of the silver metal. In addition, the presence of lead element (0.86%) indicates the use of lead mines (Cerussite and Galena) to produce silver metal and inaccuracy in its extraction. Also, the presence of the gold element (0.55%) can indicate the use of mines of the Cerussite type.

Keywords: Pixie Experiment, Archaeometry, numismatic, Mashhad, Nasser Al-Din Shah Qajar

*نویسنده مسئول مکاتبات: پیمان ابوالبشری (۰۹۳۷۹۴۴۱۸۸۷) (p.abolbashari@neyshabur.ac.ir)

مقدمه

شهر مشهد در جایگاه مرکز ایالت خراسان و شهری مهم از منظر موقعیت اقتصادی، تجاری و مذهبی، همیشه موردتوجه حاکمیت بوده است و از عصر تیموری سکه‌های فراوانی با نام این شهر[1] تابع نظام پولی حکومتی، به ضرب رسیده است (عقیلی، ۱۳۷۷: ۳۳۷). سازوکار حکومت‌ها در راستای تضمین ارزش پول بر اساس محتوای فلزی این بود که قوانینی وضع و کارگزارانی برای نظارت بر آن تعیین می‌کردند. متعاقباً باید بیان داشت که نظام پولی در دوره قاجار بر پایه قوانین عصر صفوی بنا شد. نظام مزبور در عصر ناصری نابسامان شد تا آنجا که سکه‌ها گونه‌ای محلی به‌حساب می‌آمدند. در هر شهر قِران‌های نقره با عیارهای متفاوت به ضرب می‌رسید و نرخ تبدیل آنان با تومان‌های طلا بسیار متفاوت بود. در واقع پول‌های رایج در یک شهر با همان ارزش در شهرهای دیگر پذیرفته نمی‌شد و در فقط صورت کسر مبلغی با عنوان نرخ تسعیر قابل پذیرش و تبدیل بود (مته و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۸۲-۲۸۱، ۴۴). مشهد نیز از این موضوع مستثنا نبود و قران‌های نقره محلی بسیاری با نرخ‌های نامشخص به‌صورت پراکنده، بین سال‌های ۱۲۹۵-۱۲٦٦ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م به ضرب رسانده بود. در اینجا سکه‌ها را می‌توان سندی ارزشمند در داده‌های باستان‌شناختی دانست که مانند متون باهدف خوانش مجدد ایجاد نشده‌اند (کیان‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۲). تجزیه عنصری سکه‌های این دوره، با استفاده از شیوه‌های باستان‌سنجی[2]، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره شرایط سیاسی-اقتصادی در اختیار گذارد تا تحلیل بهتری از شرایط دوران مورد پژوهش ارائه گردد (Beck et al, 2004: 153-162). بنابراین دو پرسش مطرح می‌شود. ۱. مقدار خلوص نقره سکه‌های ضرب شده در مشهد چگونه بوده و سیر تغییرات آن چگونه رقم خورده است؟ ۲. سکه‌های شهر مشهد، در جایگاه شهر مهم اقتصادی، در برابر شهرهای مهم دیگر نظیر تبریز، تهران، اصفهان و شیراز چگونه بوده است؟ در این پژوهش سعی بر آن است که علاوه بر تلفیق نگاشته‌های تاریخی و اطلاعات سکه‌شناسی، به تجزیه عنصری پیکسی[3] سکه‌های ناصرالدین‌شاه ضرب مشهد در تمامی تاریخ‌های ضرب، پرداخته شود تا تحلیلی از نحوه عملکرد و تعهد این ضرابخانه به نظام مرکزی ضرب مسکوکات ارائه گردد و قدرت اقتصادی آن در قیاس با سایر شهرهای پراهمیت سنجیده شود.

پیشینه پژوهش

تجزیه عنصری داده‌های باستانی به شیوه‌های اتمی و هسته‌ای، برای اولین‌بار در سال ۱۹۵۳م/ ۱۳۳۲ش مورد استفاده قرار گرفت (Ambrosino & Pindrus, 1953: 136-138). اما به‌طورکلی استفاده از روش‌های تجزیه هسته‌ای در باستان‌شناسی از سال۱۹۵٦م/ ۱۳۳۵ش، موردتوجه دانشمندان قرار گرفت. در این سال جلسه‌ای با حضور اپنهایمر[4] رئیس مطالعات علوم دانشگاه پرینستون، دادسون[5] رئیس بخش شیمی آزمایشگاه ملی بروکیهون[6] و جمعی از شیمیدان‌ها و باستان‌شناسان تشکیل شد و در آن استفاده از روش‌های تجزیه هسته‌ای برای بررسی آثار باستانی به بحث گذاشته شد (Harbottle, 1986: 10-15). روش پیکسی نیز در ۱۹۷۰م/ ۱۳۴۹ش ابداع گردید (Johansson et al,

۱. قبل از دوران تیموری نیز سکه‌های ایلخانی با نام دو ضرابخانه طوس و نوغان (در سکه‌ها به‌صورت نوقان و نوکان) به ضرب رسیده است (عقیلی، ۱۳۷۷: ۲۵۹-۲۵۸، ۳۵۳-۳۵۲). در دوره ساسانی نیز سکه‌ای از سال دوم حکومت قباد دوم (٦۲۸م) دیده‌شده که به نام ضرابخانه T به ضرب رسیده (Paruck, 1944: 143) و برخلاف برخی تردیدها، می‌توان آن را به ضرابخانه طوس منتسب ساخت (امینی، ۱۳۸۷: ٦۹).

۲. باستان‌سنجی (Archaeometry) شاخه‌ای نسبتاً جدید از علم باستان‌شناسی است که در آن داده‌های باستانی توسط شیوه‌های مختلف آزمایشگاهی موردبررسی قرار می‌گیرد و در جهت شناسایی و منشاءیابی داده‌های باستانی، بازسازی تکنولوژی گذشتگان، شناخت تبادلات تجاری منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای، تاریخ‌گذاری اشیا و محوطه‌ها، بررسی وضعیت سیاسی و اجتماعی جوامع گذشته، مطالعه ژنتیک و تعیین رژیم غذایی مردمان باستان و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد (Grant et al, 2002: 64-65).

3. PIXE

4. J. R. Oppenheimer

5. R. W. Dodson

6. Brookhaven National Laboratory

141 :1970) و در باستان‌شناسی، کاربرد وسیعی یافت (Gordon & Kraner, 1972: 141)، حتی موزه لوور نیز با خرید شتاب‌دهنده‌ای مناسب، آزمایشگاه ویژه‌ای تأسیس نمود (لامعی‌رشتی و همکاران، ۱۳۸۱: ۴۳۱). اما در بارهٔ عیارسنجی سکه‌های نقره ناصرالدین‌شاه، برای اولین بار پیکن به درخواست رابینو در همان عصر نمونه سکه‌هایی از ضرابخانه‌های محلی را به‌منظور تهیه فهرست ارزش سکه-های نقره نسبت به طلا برای بانک شاهنشاهی ایران، به شیوه‌ای سنتی مورد تجزیه قرار داد و رابینو نیز آن را در مقاله-ای به نام *بانکداری در ایران*[1] به سال ۱۸۹۲م/ ۱۳۰۹ق منتشر ساخت (Rabino, 1892: 1-56).

در ایران نیز معرفی تجزیه عنصری پیکسی در مطالعات باستان‌سنجی برای اولین بار به سال ۱۳۸۱ش (۹-۸ آبان) در همایش *باستان‌سنجی در ایران: نقش علوم پایه در باستان‌شناسی* تحت عنوان مقاله *نقش تحلیل عنصری در باستان‌سنجی: تجزیه آزمایشگاه واندوگراف*، توسط محمد لامعی‌رشتی (۱۳۸۲) صورت پذیرفت. و پس از آن اولین مقاله با استفاده از این شیوه نیز با عنوان *معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی*، توسط محمد لامعی-رشتی و همکاران (۱۳۸۱) به چاپ رسید. با گذشت اندکی زمان، تجزیه عنصری پیکسی برای بیشتر داده‌های باستانی به ویژه سکه‌ها مورد استفاده قرار گرفت، که دستاورد آن نگارش مقالات: *مطالعه و تحلیل ۳۰ سکه نقره‌ای دوره ساسانی موزه همدان با استفاده از روش PIXE* (حاجی‌ولیئی و همکاران، ۱۳۸۸)، *شناسایی منابع فلزی استحصال نقره برای ضرب سکه‌های اشکانی در استان ماد بزرگ با روش PIXE* (خادمی‌ندوشن و همکاران، ۱۳۹۰)، *آنالیز سکه‌های نقره‌ای (یک درهمی) فرهاد چهارم به روش PIXE* (سبزعلی و همکاران، ۱۳۹۱)، *تحلیل عنصری سکه‌های نقره هخامنشی و اشکانی با استفاده از روش آنالیز PIXE* (اولیایی-آ و همکاران، ۱۳۹۴)، *بررسی اوضاع سیاسی-اقتصادی حکومت اشکانیان در سال‌های ۲-۵۷ق‌م (دوران پادشاهی ارد دوم و فرهاد چهارم) بر اساس مطالعه ترکیبات شیمایی سکه‌های نقره با روش آزمایشگاهی PIXE* (خادمی‌ندوشن و همکاران، ۱۳۹۴)، *مطالعه آماری سکه‌های نقره هخامنشی، اشکانی و ساسانی با استفاده از آنالیز عنصری به روش پیکسی* (اولیایی-ب و همکاران، ۱۳۹۴)، *تحلیل اوضاع اقتصادی-سیاسی دوره اشکانی ۴۳ تا ۲۰۸م) بر اساس مطالعه مسکوکات نقره گودرز دوم و خسرو دوم ضرب ضرابخانه هگمتانه با استفاده از روش PIXE* (صالحی‌گروس و همکاران، ۱۳۹۴)، *مطالعه تحلیلی بر ۱۲ سکه عصر الیمایی کشف‌شده در تنگ سولک استان کهگیلویه و بویراحمد، جنوب غربی ایران، با استفاده از انتشار اشعه ایکس ناشی از ذرات (پیکسی)*[2] (Aarab et al, 2016)، *اصالت‌سنجی مسکوکات نقره منسوب به عصر هخامنشی بر مبنای مطالعات فلزکاری کهن (آرکئومتالوژی)*[3] (باقرزاده‌کثیری و همکاران، ۱۳۹۸)، *آنالیز عنصری سکه‌های الیمایی موزه شخصی محمد صفار به روش پیکسی* (حسینی‌سربیشه و همکاران، ۱۳۹۸)، و *تجزیه عنصری سکه‌های پیروز ساسانی به روش پیکسی (PIXE)، مطالعه موردی: سکه‌های گنجینه پیروزگت کشف‌شده از روستای تیس چابهار* (کیان‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۸)، بوده است.

روش پژوهش

در مطالعات داده‌های باستانی و ترکیبات عنصری آن‌ها روش‌های متفاوتی نظیر پراش اشعه ایکس[4]، فلورسانس اشعه ایکس[5]، انتشار اشعه ایکس ناشی از ذرات[6]، طیف-سنجی جذب اتمی[7]، تجزیه فعال‌سازی نوترونی[8] و غیره استفاده می‌شود (خادمی‌ندوشن و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۴). در این پژوهش از میان سایر شیوه‌های تجزیه عنصری، از شیوه پیکسی به دلیل سرعت، دقت بالا و از همه مهم‌تر غیرمخرب

1. Banking in Persia
2. An Analytical Study on 12 Coins from Elymais Era Recovered at Tang-e Sulak Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Southwestern Iran, through Particle Induced X-Ray Spectroscopy (PIXE)
3. Archaeometallurgy
4. X-Ray Diffraction (XRD)
5. X-Ray Fluorescence (XRF)
6. Particle-Induced X-Ray Emission (PIXE)
7. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)
8. Neutron Activation Analysis (NAA)

بودن آن (Linke et al, 2004: 173)، برای مطالعه سکه‌ها استفاده شده است. این شیوه انواع گوناگونی نظیر پیکسی متعارف، پیکسی با باریکه خارجی[1]، میکروپیکسی[2] و فلورسانس اشعه ایکس ناشی از پروتون[3] را برای مطالعات باستان‌سنجی ارائه می‌دهد (لامعی‌رشتی، ۱۳۸۲: ۹۲-۷۵). بنابراین پایه این پژوهش بر پیکسی متعارف قرار گرفت و این شیوه، روشی معمول برای تجزیه عنصری نمونه‌های همگن، مانند سکه‌ها محسوب می‌شود. در نمونه‌های همگن اجزای آن به‌صورت یکنواخت پراکنده شده‌اند و در صورت غیرهمگن بودن نمونه‌ها می‌توان از روش‌های دیگر مانند میکروپیکسی و غیره استفاده نمود (اسماعیل‌زاده‌کیوی، ۱۳۹۲: ۲۸). سکه‌های موردمطالعه، متعلق به مجموعه شخصی سید حسن سادات‌رضوی (حیدرآباد، ایالت تلانگانا، هند) بوده که به‌رسم امانت در اختیار نویسندگان قرار گرفته است. این سکه‌ها در تاریخ‌های ۱۲۹۵-۱۲٦٦ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م در مشهد به ضرب رسیده‌اند که درمجموع ۳۰ سکه متفاوت از منظر تاریخ ضرب را در برمی‌گیرد. بنابراین از هر تاریخ ضرب، یک سکه برای آزمایش در نظر گرفته شد که درمجموع تعداد ۳۰ سکه در موسسه فیزیک بوبانسور[4] (ایالت اوریسا، هند) مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت.

ضرابخانه و نظام ضرب سکه

دولت قاجار مدعی در انحصار داشتن ضرب سکه و نظارت بر عیار و وزن آن بود. سیاست‌های پولی این دوره بر چند پایه قرارگرفته داشت که هیچ‌کدام از استواری کاملی برخوردار نبودند. این سیاست‌ها شامل: ۱. استفاده از ضرابخانه به‌عنوان منبع درآمد، ۲. حفظ معیاری قابل‌دسترسی برای اندازه‌گیری مالیات و پرداخت‌ها، ۳. پیشبرد تجارت در راستای بالابردن ثروت و قدرت حکومت (مته و همکاران، ۱۳۹٦: ۲٥٦). روند تولید سکه در این دوره نیز مانند گذشته، به گونه ضرب دستی بود و به همین علت از شکل واحدی پیروی نمی‌کرد. ورقه نازکی از فلز با وزن و عیار مشخص، بین دو سرِ سکه بر روی سندانی قرار می‌گرفت، سپس با چکش، ضربه یا ضرباتی محکم وارد می‌شد و سکه به ضرب می‌رسید.

بیشتر سکه‌ها با همین روش به ضرب می‌رسیدند، اما ممکن بود سکه‌های سنگین‌وزن به روش قالبی تهیه شوند. سرسکه-های سکه‌های طلا و نقره غالباً یکی بودند و از آهن با شکل و اندازه‌های متنوع ساخته می‌شدند. بیشتر سکه‌ها معمولاً دایره‌ای شکل بودند، اما برخی نیز مستطیل شکل تولید می-شد. باوجود مهارت کارگران ضرابخانه، محصول نهایی همیشه باکیفیت نبود، سکه‌ها از نظر ضخامت و شکل گوناگون بودند و تقریباً هیچ معیار پذیرفته‌شده‌ای برای آن‌ها وجود نداشت (Rabino di Borgomale, 1945: 8). به‌طورکلی، در حدود ۴۰ ضرابخانه به ضرب سکه‌های قاجاریه می‌پرداختند (Album, 2011: 291). در دوران حکومت آقامحمدخان (۱۲۱۱-۱۱۹٥ق/ ۱۷۹۷-۱۷۸۱م)، سکه‌های طلا در ۱۳ شهر و سکه‌های نقره در ۲۲ شهر به ضرب می-رسید، حال در دوران حکومت فتحعلی‌شاه (۱۲٥۰-۱۲۱۲ق/ ۱۸۳۴-۱۷۹۸م)، سکه‌های طلا در ۲٥ شهر و سکه-های نقره در ۳۱ ضرابخانه ضرب می‌گشت (Rabino di Borgomale, 1945: 62, 65). پس از فتحعلی‌شاه تعداد ضرابخانه‌ها کاهش یافت، به‌طوری‌که در دهه‌های ۱۲۷۰-۱۲٦۰ق/ ۱۸٥۴-۱۸۴۴م، تنها حدود ۱٥ ضرابخانه در قلمرو قاجاریه فعال بودند (Polak, 1856: 2/161)، چنانکه در ۱۲۸۳ق/ ۱۸٦٦م تنها ۱۳ ضرابخانه، یعنی در هر ایالت یک ضرابخانه دایر بوده است (Lacy O'Brien, 1873: Lot 66067). علاوه بر این نیز هر ضرابخانه حق ضرب سکه‌های طلا یا نقره را نداشت و بیشتر به ضرب سکه‌های مسی می-پرداختند (Polak, 1856: 2/161).

ضرابخانه‌ها با دریافت حق‌الضرب از شمش‌هایی که توسط افراد متفاوت آورده می‌شد، سکه‌هایی با وزن و عیار مشخص ضرب می‌کردند (عین‌السلطنه، ۱۳۷٦: ۱/٥۷۰؛ Southgate, 1840: 2/349). «هیچ منعی در برابر ذوب یا صادرات فلزات قیمتی وجود نداشت و هر کس می‌توانست شمش خود را به هر شکلی استفاده کند. اگر بخواهد سکه طلای خود را داشته باشد، می‌تواند آن را به ضرابخانه بفرستد تا به شکل هر پولی ضرب شود» (Morier, 1812 237).

1. External PIXE
2. microPIXE
3. Proton-Induced X-Ray Fluorescence (PIXRF)
4. Institute of Physics, Bhubaneswar (IOPB)

تشکیلات ضرابخانه‌های اصلی بر اساس ساختار دوران صفوی بود؛ ناظر این ضرابخانه‌ها معیرالممالیک بود (ممتحن‌الدوله، ۱۳۵۳: ۱۰۵) که عنوان آن از دوران حاکمیت نادرشاه (۱۱۶۰-۱۱۴۸ق/ ۱۷۴۷-۱۷۳۵م) تا پایان دوره قاجار، در یک خاندان باقی بود. جونز بریجز آروده است که شاه «برای اینکه احساس خوبی داشته باشد، هرگز به یهودیان یا ارامنه اجازه انجام کاری در ضرابخانه‌ها را نمی‌داد» (Jones Brydges, 1834: 433). این موضوع دست‌کم تا آنجا که به ارامنه مربوط می‌شود، به معنی انحراف از وضعیت گذشته در دوره صفویه است، اما در هر صورت نمونه‌های متعددی در نقض آن وجود دارد. ترزل، مأمور فرانسوی درباره ضرابخانه شیراز در ۱۲۲۳ق/ ۱۸۰۸م بیان داشته که توسط یهودیان اداره می‌شده است (Trézel, 1808: unp.) و پولاک نیز اشاره دارد که عمدتاً کارکنان فنی ضرابخانه (به علت تخصص در زمینه تعیین عیار) یهودی بودند و نقش آن‌ها را در ضرب سکه تأیید می‌کند (Polak, 1856: 2/163).

نظارت بر کیفیت عیار سکه‌ها، وظیفه ضراب‌باشی بود. گزارش‌ها درباره اینکه آن‌ها در انجام‌وظیفه خود چقدر مؤثر بوده‌اند، متفاوت است. در ضرابخانه‌ها روش‌های سخت‌گیرانه‌ای برای تشخیص کیفیت سکه‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت. بر طبق نوشته‌های تحویلدار «عمله‌جات هم هرکدام برای خود ثبت علیحده دارند، در استعلام تقلب و عدم تقلب قرار این بوده است که به عیار گرفتن، هرچندی یک‌مرتبه امتحان می‌کردند» (تحویلدار، ۱۳۴۲: ۱۲۳). در حدود سال ۱۲۲۳ق/ ۱۸۰۸م یک ضرابخانه‌دار در یزد که عیار سکه را بدون اجازه سلطنتی افزایش داده و از میزان فلز قیمتی آن کاسته بود، برکنار و ۴۰۰۰ تومان، یعنی تقریباً هفت برابر آنچه برای اجاره ضرابخانه پرداخت کرده بود، جریمه شد (Dupré, 1819: 2/475). در ۱۲۹۵ق/ ۱۸۷۸م به‌فرمان حکومت قرار شد تا ضرابخانه شیراز ۲۵۰۰ تومان سکه قران ضرب کند؛ در میان قران‌های جدید ۲۰ سکه نامرغوب ۱۰ شاهی (۵۰۰ دینار) به‌جای ۲۰ سکه ۲۰ شاهی (۱۰۰۰ دینار) موردنیاز یافت شد و خطاکاران نیز شناسایی شدند، اما به دلیل ارتباطی که داشتند، آسیبی ندیدند (سعیدی-سیرجانی، ۱۳۶۱: ۹۰). باوجود اینکه تمامی ضرابخانه‌ها به بالاترین نرخ پیشنهادی واگذار می‌شد، اما به‌تمامی تحت نظارت مستقیم حکومت مرکزی یا ایالتی قرار داشتند. دوپره در حدود ۱۲۲۵ق/ ۱۸۱۰م گزارش می‌دهد که در اوایل عهد قاجار، ضرابخانه اصفهان به ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ تومان در سال و ضرابخانه یزد به ۶۰۰ تومان در سال واگذار شدند. ضرابخانه یزد با افزودن فلزات کم‌ارزش از محتوای فلز قیمتی سکه‌ها کاست، اما با آشکار شدن موضوع، برکنار و ۴۰۰۰ تومان نیز جریمه گردید (Dupré, 1819: 2/475). مکنزی نیز در مورد ضرابخانه استرآباد نگاشته است که «در ماه گذشته (ذی‌الحجه-محرم ۱۲۹۲ق/ فوریه-مارس ۱۸۷۵م) روزانه معادل ۳۰۰ تومان و ۱۰ شاهی سکه ضرب شده است. نقره را اکثراً از ترکستان وارد می‌کنند و رئیس ضرابخانه تقریباً ۵ درصد استفاده می‌کند. در اینجا سکه‌های یک‌تومانی و یک‌قرانی نمی‌سازند. رئیس فعلی ضرابخانه حاجی ملا محمدباقر است که سالیانه ۴۰۰ تومان به دولت می‌پردازد» (مکنزی، ۱۳۵۹: ۱۸۷-۱۸۸).

هزینه ضرب شمش به شکل سکه در ضرابخانه شامل چند نوع وجه و مالیات می‌شد که مجموع آن وجه‌الضرب را تشکیل می‌داد که متفاوت از حق‌الضرب، یعنی مالیات ضرابخانه بود. بر اساس گفته تحویلدار، وجوه ضرابخانه اصفهان در ۱۲۹۴ق/ ۱۸۷۷م به‌قرار زیر بود: «وجوه ضرابخانه دو وجه دارد: یکی رسوم معیری است که به معیربلد و معیرالممالک ایران می‌رسانند؛ و یکی رسوم دیوانی است که جزو مالیات ولایات جمع حاکم می‌نمایند که ضابطی از حکومت مشخص است، هر هزار مثقال (۴,۶۰۸ کیلوگرم) طلا و نقره را خراج معین می‌گیرد. رسوم دیوانی و معیری و اجرت عمله‌جات و تمام از عمل عاید می‌شود، مشرفی علیحده دارد که ثبت برمی‌دارد و کل وجوهات مالیاتی و رسومی و اجرتی و مخارجی معادل صد، سه (۳ درصد) شده که از قدیم معمول گردیده است» (تحویلدار، ۱۳۴۲: ۱۲۳). پولاک نیز وجه‌الضرب را ۳ درصد می‌داند (Polak, 1856: 2/163)، حال‌آنکه رابینو وجه‌الضرب را ۲,۵ درصد تخمین زده است (Rabino, 1901: 265-282). دوپره آورده است که «آن‌هایی که شمش‌های طلا و نقره دارند، می‌توانند آن را به ضرابخانه ببرند و با پرداخت یک عباسی (۲۰۰ دینار) برای هر سکه طلا و دو عباسی (۴۰۰ دینار) برای هشت ریال نقره،

آن‌ها را به سکه تبدیل کنند» (Dupré, 1819: 2/475). درهرحال به نظر می‌رسد وجه‌الضرب در دهه ۱۳۰۰ق/ ۱۸۸۰م، همزمان با پایین آمدن ارزش نقره، نخست ۵ درصد و سپس تا ٦ درصد بالا رفت. از قرار معلوم بار دیگر در حدود سال ۱۳۰۷ق/ ۱۸۹۰م، وجه‌الضرب سکه‌ها کمی پایین آمد، اما پس از آن به‌شدت بالا رفت؛ نرخ وجه‌الضرب نقره از ۳,۷۵ درصد در سال ۱۳۱۰ق/ ۱۸۹۳م به ۵ درصد در ۱۳۱۱ق/ ۱۸۹۴م، ٦ درصد در ۱۳۱۴ق/ ۱۸۹۷م و ۸,۵ درصد در ۱۳۱۵ق/ ۱۸۹۸م افزایش یافت (Lorini, 1900: 313). روشن نیست که مدیران ضرابخانه‌ها به چه میزان درآمد داشته‌اند و زیان آن‌ها از چه راهی جبران می‌شده است. در یک حکم سلطنتی به تاریخ ۱۲۹٦ق/ ۱۸۷۹م که در آن حاج محمدحسن‌خان اصفهانی به‌عنوان امین‌الضرب منسوب شده است، ۳۰۰ تومان از ۱۰۰۰ تومانی که معیران ضرابخانه برآورد کرده بودند، مواجب به او داده شده بود (محبوبی- اردکانی، ۱۳۵۳: ۵۲/۱؛ Mahdavi, 1999: 79). سایر منابع گزارش داده‌اند که امین‌الضرب می‌بایست سالیانه ۲۵۰۰۰ تومان برای اجاره ضرابخانه بپردازد (امین‌الدوله، ۱۳۳۹: ٦۱؛ Rabino di Borgomale, 1945: 22).

نظام پولی ناکارآمد و پول رایج

بر اساس تفکر جدید، نظام پولی میانه دوره قاجار، یعنی عصر ناصری در ایران با داشتن پول‌ها و واحدهای پولی که از مکانی به مکان دیگر و از زمانی به زمان دیگر راه نداشت و از نظر نرخ تبدیل تفاوت‌های فراوانی داشت، بسیار عجیب و غیرمنطقی می‌آید. تا جایی که راهکار ایرانیان برای سازگاری با این وضعیت، دائماً به محاسبه و تبدیل انواع نقود و اقلام با انواع نرخ‌های محلی و استاندارد می‌پرداختند (مته و همکاران، ۱۳۹٦: ۲۸۱). ابوت نقل می‌کند که بسیاری از شهرها معیارهای پول رایج خود را دارند و معیار معمول در تجارت، پول رایج رسمی است. برای مثال با توجه به نوشته او، یزد در سال‌های ۱۲٦٦-۱۲٦۵ق/ ۱۸۵۰-۱۸۴۹م پول رایج خود را داشت که «از جاهای دیگر متفاوت بود، ۲۵ شاهی صاحب قران حساب می‌شد و ۱۲,۵ قران رایج در آنجا برابر با یک تومان است (درحالی‌که هر ۱۰ قران باید یک تومان باشد). این پول رایج معمولاً در معاملات کوچک موردقبول است؛ در تجارت صاحب قران، ۲۰ شاهی ملاک است». به گفته او در کرمان «پول محل قران، ۲۸ شاهی و ۳,۵ پنابادی است و ۲ شاهی کرمان یک سکه قران معیار است» یا در مورد پول رایج اصفهان «۲۳ شاهی در صاحب قران بود، اما معمولاً در معاملات تجاری پول رایج متداول ایران موردقبول است» (Abbott, 1983: 82, 85, 104, 117). دست‌کم تا زمان تأسیس ضرابخانه در ۱۲۹۴ق/ ۱۸۷۷م بخشی از دلیل این تغییرات آن بود که ضرابخانه‌های محلی به‌سادگی با معیارهای رسمی در زمینه وزن و عیار کنار نمی‌آمدند. بِیکن در همان عصر نمونه‌ای از سکه‌های ضرابخانه‌های محلی را بررسی کرده بود (جدول ۱). رابینو خلاصه این بررسی را این‌گونه آورده است: «این شکل‌ها نشان‌دهنده فقدانِ ترتیبی خاص در پول رایج ایرانی است. میان قران‌های همدان و تهران بیش از ۱۷ درصد اختلاف ارزش وجود دارد؛ میان قران‌های دیگر شهرها و پایتخت از نظر پولی تفاوت بسیار قابل‌توجهی است، گرچه کمتر از آن چیزی است که به‌طور افراطی نقل می‌شود» (Rabino, 1892: 37). بااین‌حال زمانی که ضرابخانه مدرن آغاز به ضرب سکه‌هایی با وزن و عیار یکسان کرد، نظام پولی منطقه‌ای همچنان به کار خود ادامه می‌داد. لندور که در سال ۱۳۱۹ق/ ۱۹۰۱م در ایران مسافرت کرد، دریافت که «هرگز نمی‌دانم که ارزش یک قران دقیقاً چقدر است و تقریباً در هر ایالتی در مقابل قران‌هایم، شاهی‌های متفاوتی دریافت کردم» (Landor, 1902: 1/131). بردلی-برت نیز در ۱۳۲۸ق/ ۱۹۱۰م گلایه داشت که «ناپایداری نرخ بانکی ایران بی‌شک برای هرکسی به‌جز یک بانکدار همچون یک راز است. همه آنچه می‌توانستم در این باره کشف کنم این بود که هرچه در ایران پیش‌تر می‌رفتم، به‌طور پیوسته پایین می‌آمد. درحالی‌که من در بوشهر برای هر ۱۵ روپیه یا سلطنتیِ انگلیسی ۵۱ قران دریافت کردم، وقتی به تهران رسیدم تنها ۴۷ قران گرفتم، درحالی‌که کمی پیش‌تر در آنجا به من گفته شد که نرخ روی مبلغ بالای ٦۰ قران ایستاده است» (Bradley-Birt, 1909: 52-53).

جدول ۱: نمونه وزن و عیار قران‌های نقره در ضرابخانه‌های چند منطقه (Rabino, 1892: 37)

ضرابخانه	تاریخ ضرب	وزن	عیار در هزار	ارزش به فرانک
همدان	۱۲۹۳ق/ ۱۸۷۷م	۴,۹۵گرم	۷٦۰	۰,۸۳٦
تبریز	۱۲۹۰ق/ ۱۸۷۴م	۴,۹۰گرم	۸۲۰	۰,۸۹۳
کاشان	۱۲۸۲ق/ ۱۸٦٦م	۵,۰۳گرم	۸۲۰	۰,۹۱۷
اصفهان	۱۲۹۳ق/ ۱۸۷۷م	۵,۰۲گرم	۸۴۰	۰,۹۳۷
کرمان	۱۲۹۳ق/ ۱۸۷۷م	۴,۹۰گرم	۸۴۰	۰,۹۱۵
مازندران (طبرستان)	۱۲۹۲ق/ ۱۸۷٦م	۴,۹۷گرم	۸۴۰	۰,۹۲۸
مشهد	۱۲۹۳ق/ ۱۸۷۷م	۴,۹۰گرم	۸۴۰	۰,۹۱۰
کرمانشاه	۱۲۸۲ق/ ۱۸٦٦م	۴,۹۷گرم	۸۸۰	۰,۹۷۲
رشت	۱۲۸۰ق/ ۱۸٦۴م	۴,۸۰گرم	۸۹۰	۰,۹۴۹
تهران	۱۲۹۲ق/ ۱۸۷٦م	۵,۰۲گرم	۹۰۰	۱,۰۰۴
شیراز	۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۵م	۴,۹۰گرم	۹۰۰	۰,۹۸۰
یزد	۱۲۷۸ق/ ۱۸٦۲م	۴,۹۷گرم	۹۰۰	۰,۹۹۴
هرات	۱۲۷۷ق/ ۱۸٦۱م	۴,۹۰گرم	۹۰۰	۰,۹۸۰

قِران‌های ناصری ضرب مشهد (۱۲۹۵-۱۲٦٦ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م)

همان‌طور که گفته شد، سکه‌ها در دوره قاجار به‌صورت دستی ضرب می‌شدند؛ بنابراین بر طبق نیاز اقتصادی، هر شهر و ایالت ضرابخانه‌ای داشت که برحسب توان مالی، میزان تولید سکه‌ها رقم می‌خورد؛ به همین علت ضرابخانه‌های عصر ناصری را می‌توان در سه گروه جای داد: ۱. فعال‌ترین ضرابخانه‌ها: مشهد، تبریز، تهران، اصفهان و شیراز. ۲. ضرابخانه‌های فعال: همدان، قزوین، استرآباد، طبرستان، کرمان، کاشان، رشت، هرات، یزد، کرمانشاهان و خوی. ۳. ضرابخانه‌های تشریفاتی: سرخس، سیستان (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 794-804)، شوشتر و رکاب (نوین فرحبخش، ۱۳۸۵: ۱۰۹). این ضرابخانه‌ها بر اساس موقعیت سکه‌هایی از جنس طلا، نقره و مس با واحدهای پولی و وزنی متفاوت به ضرب می‌رساندند، اما چون اساس این پژوهش قران‌های نقره بوده، در ادامه فقط به ذکر واحدهای پولی و وزنی سکه‌های نقره پرداخته می‌شود. در اوایل دوران سلطنت محمدشاه (۱۲٦۴-۱۲۵۱ق/ ۱۸۴۸-۱۸۳۵م)، یعنی در ۱۲۵۴ق/ ۱۸۳۸م اوزان سکه‌های نقره از تومانی (۱۰۰۰۰ دینار) ۳۰۰ نخود (۵۷,٦گرم) به تومان ۲۸۰ نخودی (۵۳,۵٦گرم) کاهش یافت و این نظام وزنی تا ۱۲۷۴ق/ ۱۸۵۸م یعنی اوایل سلطنت ناصرالدین‌شاه نیز ادامه یافت. در ۱۲۷۱ق/ ۱۸۵۵م تصمیم بر آن شد تا دوباره از وزن سکه‌های نقره کاسته شود، بنابراین اوزان این سکه‌ها از تومانی ۲۸۰ نخود به تومان ۲٦۰ نخودی (۴۹,۹۲گرم) بدل گشت (Album, 2011: 291-296). سرانجام در ۱۲۹۴ق/ ۱۸۷۷م ضرب سکه به‌صورت ماشینی درآمد و ضرب سکه دستی متوقف گشت اما بنا بر اعتراضات، ضرب دستی سکه با شرایطی خاص در برخی از ضرابخانه‌ها ادامه یافت که نهایت در سال ۱۲۹٦ق/ ۱۸۷۹م به‌طور کامل برچیده شد (مته و همکاران، ۱۳۹٦: ۲۷۳-۲۷۲).

جدول ۲: واحدهای پولی و اوزان سکه‌های ضرب دستی نقره عصر ناصری (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 794-804; Heritage Auctions, 6-7 Jan 2013: Lot 21933-21934)

واحدهای پولی	گردش مالی	تومان ۲۸۰ نخودی	تومان ۲۶۰ نخودی	توضیحات
۲,۵ شاهی/ ۱۲۵ دینار	رایج	۰,۶۷گرم	۰,۶۲گرم	ضرب مناسبتی و برخی یک‌رو
۵ شاهی/ ۲۵۰ دینار	رایج	۱,۳۴گرم	۱,۲۴گرم	
۱۰ شاهی/ ۵۰۰ دینار	رایج	۲,۶۸گرم	۲,۴۹گرم	
۱ قران/ ۱۰۰۰ دینار	رایج	۵,۳۷گرم	۴,۹۹گرم	
۲ قران/ ۲۰۰۰ دینار	غیر رایج	---	۹,۹۸گرم	فقط تبریز، ۱۲۹۴ق/ ۱۸۷۷م
۵ قران/ ۵۰۰۰ دینار	غیر رایج	۲۶,۸۸گرم	---	فقط تهران، ۱۲۶۷ق/ ۱۸۵۱م

طرح قران‌های ناصرالدین‌شاه ضرب شده در مشهد، به‌مانند سایر سکه‌های این عصر در شهرهای دیگر است، اما نمونه-های خاص و متفاوتی از سایرین نیز در این شهر به ضرب رسیده است. به‌طورکلی بر روی این سکه‌ها (شکل ۱) عبارت «السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار» نگاشته شده است و نگاشته‌های پشت این سکه‌ها نیز عبارت «ضرب مشهد مقدس» به همراه تاریخ ضرب سکه بر آن‌ها نقر گردیده است (نوین‌فرح‌بخش، ۱۳۸۵: ۱۰۹-۱۰۸). اما سکه‌های ضرب مشهد، منحصر به این‌گونه نبوده و گونه‌های متفاوتی را در برمی‌گیرد (Album, 2011: 291-296; Michael, 2015: 796-797) که نمونه‌های مورد آزمایش ۱۴، ۲۳-۱۹، ۳۰-۲۶ از نوع گونه‌های متفاوت بوده و توضیحات و تصاویر آن‌ها در جدول ۳ و شکل ۲ آمده است.



تصویر ۱: نمونه‌ای از سکه‌های ناصرالدین‌شاه قاجار ضرب شده در مشهد به سال ۱۲۷۹ق/ ۱۸۶۳م (URL 1)

بحث و تحلیل

همان‌طور که بیان شد، سکه‌های موردمطالعه در این پژوهش از مجموعه شخصی سیدحسن سادات‌رضوی به امانت رفته و مورد آزمایش قرار گرفته است؛ اما این سؤال پیش می‌آید که معیار انتخاب این سکه‌ها چه بوده است؟ سکه‌های ناصرالدین‌شاه در مشهد در میان تاریخ‌های ۱۲۹۵-۱۲۶۶ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م به ضرب رسیده است (Michael, 2015: 796-797) که درمجموع ۳۰ سکه متفاوت از نظر تاریخ ضرب را در برمی‌گیرد. بنابراین از هر تاریخ ضرب، یک سکه برای آزمایش در نظر گرفته شد که درمجموع تعداد ۳۰ سکه مورد آزمایش پیکسی قرار گرفت. مشخصات کامل سکه‌های انتخابی به ترتیب تاریخ‌های ضرب، در جدول ۳ آمده است. در این پژوهش از شیوه متعارف پیکسی استفاده شده است. با این رویکرد سکه‌های موردمطالعه به موسسه فیزیک بوبانسور منتقل شد و مورد تجزیه عنصری پیکسی قرار گرفت.

جدول ۲: جامع مشخصات سکه‌های مورد آزمایش (مأخذ: نگارندگان)

شماره نمونه	تاریخ ضرب	وزن سکه	متن روی سکه	متن پشت سکه	توضیحات
۱	۱۲۶۶ق/ ۱۸۵۰م	۵,۲۹گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۶۶	
۲	۱۲۶۷ق/ ۱۸۵۱م	۵,۲۶گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۶۷	
۳	۱۲۶۸ق/ ۱۸۵۲م	۵,۳۲گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۶۸	
۴	۱۲۶۹ق/ ۱۸۵۳م	۵,۲۱گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۶۹	
۵	۱۲۷۰ق/ ۱۸۵۴م	۵,۲۵گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۰	
۶	۱۲۷۱ق/ ۱۸۵۵م	۵,۳۳گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۱	
۷	۱۲۷۲ق/ ۱۸۵۶م	۵,۲۷گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۲	
۸	۱۲۷۳ق/ ۱۸۵۷م	۴,۹۷گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۳	
۹	۱۲۷۴ق/ ۱۸۵۸م	۴,۹۳گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۴	
۱۰	۱۲۷۵ق/ ۱۸۵۹م	۴,۹۶گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۵	
۱۱	۱۲۷۶ق/ ۱۸۶۰م	۴,۹۰گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۶	
۱۲	۱۲۷۷ق/ ۱۸۶۱م	۴,۹۵گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۷	
۱۳	۱۲۷۸ق/ ۱۸۶۲م	۴,۹۷گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۷۸	
۱۴	۱۲۷۹ق/ ۱۸۶۳م	۴,۸۹گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب فی مشهد المقدس ۱۲۷۹	گونه متفاوت
۱۵	۱۲۸۰ق/ ۱۸۶۴م	۴,۹۴گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۸۰	
۱۶	۱۲۸۱ق/ ۱۸۶۵م	۴,۹۸گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۸۱	
۱۷	۱۲۸۲ق/ ۱۸۶۵م	۴,۹۶گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۸۲	
۱۸	۱۲۸۳ق/ ۱۸۶۶م	۴,۸۸گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۸۳	
۱۹	۱۲۸۴ق/ ۱۸۶۷م	۴,۹۲گرم	السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۸۴	ضرب مشهد امام علیه‌السلام	گونه متفاوت

شماره نمونه	تاریخ ضرب	وزن سکه	متن روی سکه	متن پشت سکه	توضیحات
۲۰	۱۲۸۵ق/ ۱۸۶۸م	۴,۹۱گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب ارض مقدس ۱۲۸۵	گونه متفاوت
۲۱	۱۲۸۶ق/ ۱۸۶۹م	۴,۹۹گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۸۶	ضرب ارض اقدس امام رضا علیه‌السلام	گونه متفاوت
۲۲	۱۲۸۷ق/ ۱۸۷۰م	۴,۹۸گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۸۷	ضرب ارض اقدس امام رضا علیه‌السلام	گونه متفاوت
۲۳	۱۲۸۸ق/ ۱۸۷۱م	۴,۹۴گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۸۸	ضرب مشهد امام رضا ۱۲۸۸	گونه متفاوت
۲۴	۱۲۸۹ق/ ۱۸۷۲م	۴,۸۷گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۸۹	
۲۵	۱۲۹۰ق/ ۱۸۷۳م	۴,۹۰گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۹۰	
۲۶	۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۴م	۴,۹۴گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد مقدس ۱۲۹۱	گونه متفاوت
۲۷	۱۲۹۲ق/ ۱۸۷۵م	۴,۹۳گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۹۲	ضرب مشهد مقدس ۱۲۹۱	گونه متفاوت؛ سکه میول[۱]
۲۸	۱۲۹۳ق/ ۱۸۷۶م	۴,۹۸گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۹۳	ضرب مشهد مقدس ۱۲۹۱	گونه متفاوت؛ سکه میول
۲۹	۱۲۹۴ق/ ۱۸۷۷م	۴,۹۵گرم	السلطان ابن السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار	ضرب مشهد الرضا ارواحنا فداه ۱۲۹۴	گونه متفاوت
۳۰	۱۲۹۵ق/ ۱۸۷۸م	۵,۰۱گرم	السلطان ناصرالدین‌شاه قاجار ۱۲۹۵	ضرب مشهد الرضا ارواحنا فداه ۱۲۹۵	گونه متفاوت

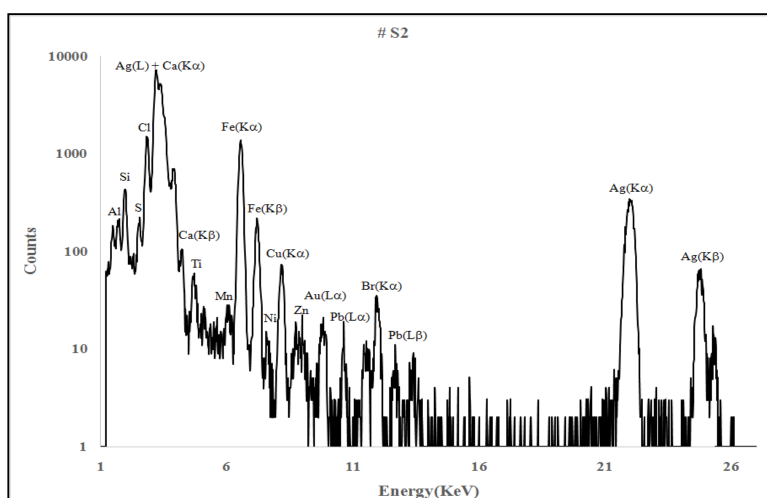
۱. میول (Mule) در معنای اصلی به معنی قاطر است، اما در فارسی و سکه‌شناسی می‌توان آن را پیوندی نام نهاد. منظور از میول در اینجا، سکه‌هایی است که با دو سر سکه مختلف از دوران متفاوت به ضرب رسیده‌اند؛ به‌عبارت‌دیگر این سکه‌ها محصول دو سر سکه از سال‌های متفاوت حکومت یک پادشاه، دو سرسکه از دو پادشاه و یا حتی دو سرسکه از دو دودمان متفاوت باشد (امینی، ۱۳۸۷: ۲۰). در سکه‌های شماره ۲۷ و ۲۸ نیز چنین اتفاقی افتاده و سرسکه‌های رویین تاریخ ۱۲۹۲ و ۱۲۹۳ق/ ۱۸۷۵ و ۱۸۷۶م را برخود دارد، اما سرسکه‌های زیرین هر دو با تاریخ ۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۴م هستند.



تصویر ۲: سکه‌های آزمایش‌شده (مأخذ: نگارندگان)

عملکرد این آزمایش بدین گونه است که باریکه‌ای از پروتون‌ها (ذرات باردار) از داخل اتاقک واکنش عبور می‌کنند. گاهی اوقات شدت باریکه ورودی توسط یک ورق پخش‌کننده و موازی‌ساز در صورت نیاز یکنواخت می‌شود. نمونه‌ای که باید تجزیه شود، باید به‌صورت مستقیم یا آماده‌شده (به‌صورت قرص یا محلول‌های شیمیایی) در مقابل باریکه قرار بگیرد. باریکه پس از برخورد به هدف (درصورتی‌که نمونه نازک باشد) از آن عبور می‌کند و داخل فنجان فارادی متوقف می‌شود که به جمع‌کننده بار متصل است. اشعه ایکس گسیلی از نمونه توسط آشکارساز Si(Li) آشکار می‌شود. پالس‌هایی که از آشکارساز خارج می‌شوند، پس از تقویت به یک تحلیل‌گر چند کاناله وارد می‌شوند و طیف اشعه ایکس مشخصه نمونه‌هایی که بمباران شده‌اند، نشان داده می‌شود (اولیایی-ب و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۱). آماده‌سازی نمونه‌ها یکی از مشکلات اساسی در آزمایش پیکسی است. برای تجزیه عنصری بهتر و دقیق‌تر نمونه‌ها، در بسیاری از موارد ترجیح دارد از نمونه‌های نازک که از نمونه‌های ضخیم به دست می‌آید، استفاده شود. اگر زمانی به دست آوردن یک نمونه نازک از نمونه ضخیم مشکل و در عمل غیرممکن باشد، نمونه ضخیم خود، مستقیم تحت تابش پروتون قرار می‌گیرد (Johansson & Johansson, 1976: 473-516). خوشبختانه سکه‌ها، نمونه‌های نازک در نظر گرفته می‌شوند. وقتی تجزیه عنصری روی مقادیر مطلق عناصر انجام می‌گیرد، روشن است که باید به آلودگی نمونه‌ها توجه شود. با توجه به اینکه مقادیر برخی از عناصر بسیار ناچیز هستند، اگر توجه زیادی در گذاشت و برداشت نمونه اعمال نشود، آلودگی‌هایی در همان حد ممکن است به‌سادگی به هدف برسند. بنابراین باید در انتقال نمونه‌ها دقت داشت و آن را به حداقل رساند و حتی می‌توان نمونه‌ها را قبل از قرار دادن در محفظه، در صورت امکان با مواد تمیزکننده، از قبیل الکل و غیره تمیز کرد (کیان‌زادگان، ۱۳۹۷: ۵). نمونه‌های این آزمایش تا حد امکان تمیز شده و عاری از هرگونه آلودگی به مرحله آزمایش گذاشته شدند، اما باید گفت که چون سکه‌ها داده‌ای

باستانی حساب‌شده و ممکن است مدتی زیر خاک مدفون بوده‌اند، مقادیری کم از آلودگی به آن‌ها چسبیده و جداسازی آن نیاز به یک پروژه مرمتی دارد؛ اما چون سکه‌های موردمطالعه از قدمت بالایی برخوردار نیستند، آلودگی چندانی نداشته و به‌راحتی قابل‌رفع بوده است و ازآنجاکه نتیجه این مقاله نیز بر مقدار فلز نقره استوار است، وجود آلودگی‌ها تأثیری چندانی بر آن ندارند. بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها، برای جلوگیری از افت انرژی پروتون و تضعیف اشعه ایکس گسیلی از نمونه‌ها، هوای اتاقک آزمایش را با استفاده از پمپ چرخشی و پمپ دیفیوزن تا فشار 2×10^{-5} Torr[1] تخلیه می‌کنند. برای اندازه‌گیری غلظت عنصری نمونه‌ها از باریکه پروتون باانرژی ۲ MeV[2] و جریان حدود ۲-۳ nA[3] استفاده می‌شود. باریکه پروتون موردنیاز توسط آشکارساز Si(Li) اندازه‌گیری می‌شوند که در زاویه ۱۳۵ درجه نسبت به باریکه فرودی قرارگرفته و سیستم چند کانالی، طیف به‌دست‌آمده را نمایش می‌دهد. قدرت تفکیک آشکارساز Si(Li)، ۱۷۰ eV[4] برای Fe(Ka) باید باشد (Gaschen et al, 2008: 535-552). در اینجا نیز هنگامی‌که پرتوی پروتون به سکه می‌خورد، باعث یونیزاسیون اتم‌ها در سکه و گسیل اشعه ایکس مشخصه عنصر مورد نظر می‌شود. اشعه‌های ایکس گسیل‌شده در آشکارساز جمع‌آوری‌شده و سیگنال‌هایی با شدت‌های مختلف را اثر می‌دهند که نتیجه آن طیف‌های به‌دست‌آمده است (تصویر ۳).



تصویر ۳: نمونه طیف‌های آزمایشگاهی، نمونه شماره ۲ (مأخذ: نگارندگان)

تحلیل طیف با استفاده از نرم‌افزار گوپیکس[5] انجام می‌شود که یک روش پارامتری برای تحلیل کمی به ما ارائه می‌دهد و در همه‌جا به‌طور متداول برای تحلیل طیف‌های پیکسی استفاده می‌شود. برای تحلیل ابتدا باید ماتریس هدف، مشخص شود؛ منظور از ماتریس این است که بیشترین درصد مربوط به کدام عنصر بوده (Hajivaliei et al, 1999: 645-650) و در این پژوهش بیشترین عنصر نقره است. در مقدار درصد نهایی ممکن است مقدارِ کمی خطا راه یابد، این خطا ناشی از پارامترهای اساسی کالیبره‌سازی و آلودگی سطح سکه است. نتیجه آزمایش به شرح زیر در جدول ۴ آمده است.

---

۱. تور یکی از یکاهای غیر SI برای اندازه‌گیری فشار است و ۱ اتمسفر استاندارد برابر ۷۶۰ تور است. این یکا به‌گونه‌ای گزینش‌شده است که با تقریب خوبی برابر فشار حاصل از یک میلی‌متر جیوه باشد؛ بنابراین فشار ۱ تور تقریباً برابر با فشار حاصل از یک میلی‌متر جیوه است. این یکا به یاد اوانجلیستا توریچلی (Evangelista Torricelli)، فیزیک‌دان و ریاضی‌دان ایتالیایی که اصول عملکرد فشارسنج را در ۱۶۴۴م/ ۱۰۲٤ش کشف کرد، نام‌گذاری شده است.

2. Mega Electron Volt

3. Nano Ampere

4. Electron Volt

5. GUPIX

جدول ۴: نتایج تجزیه عنصری سکه‌های موردمطالعه به روش پیکسی (مأخذ: نگارندگان)

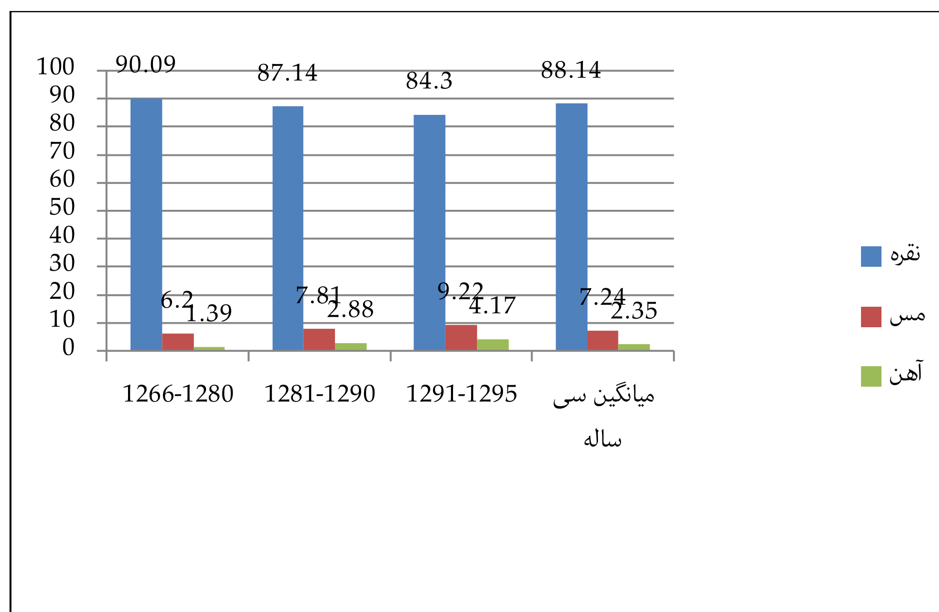
شماره	تاریخ	Al	Si	S	Cl	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Ag	Au	Hg	Pb
۱	۱۲۶۶				۰٫۱۸	۰٫۲۲	۰٫۰۶		۱٫۷۱		۶٫۰۵	۰٫۲۷		۹۰٫۰۳	۰٫۵۳		۰٫۹۵
۲	۱۲۶۷	۰٫۱۲	۰٫۱۱	۰٫۲۱	۰٫۱۹	۰٫۲۴	۰٫۰۵	۰٫۱۸	۱٫۰۳	۰٫۱۴	۵٫۷۱	۰٫۲۵	۰٫۲۶	۹۰٫۱۴	۰٫۴۹		۰٫۸۸
۳	۱۲۶۸			۰٫۱۷	۰٫۲۱	۰٫۳۰		۰٫۲۳	۱٫۲۲		۶٫۱۳			۹۰٫۰۹	۰٫۶۱	۰٫۱۹	۰٫۸۵
۴	۱۲۶۹				۰٫۱۸	۰٫۲۴	۰٫۰۹		۱٫۶۲		۵٫۹۰	۰٫۱۲		۹۰٫۱۷	۰٫۵۹	۰٫۱۷	۰٫۹۲
۵	۱۲۷۰		۰٫۰۹		۰٫۱۷	۰٫۲۸	۰٫۱۰		۱٫۳۵	۰٫۱۸	۶٫۱۸		۰٫۳۱	۹۰٫۱۳	۰٫۴۸		۰٫۷۳
۶	۱۲۷۱	۰٫۱۰		۰۱۶					۱٫۴۸	۰٫۳۰	۶٫۴۳			۹۰٫۰۵	۰٫۶۶		۰٫۸۲
۷	۱۲۷۲			۰٫۲۰	۰٫۲۸	۰٫۳۱			۱٫۲۹		۶٫۳۷	۰٫۱۴		۹۰٫۰۳	۰٫۵۵		۰٫۸۳
۸	۱۲۷۳						۰٫۰۷	۰٫۱۴	۱٫۰۹	۰٫۲۲	۶٫۷۸			۹۰٫۰۹	۰٫۴۳	۰٫۲۲	۰٫۹۶
۹	۱۲۷۴		۰٫۱۳		۰٫۲۰	۰٫۲۸			۱٫۵۳	۰٫۱۸	۶٫۱۸			۹۰٫۰۸	۰٫۵۱		۰٫۹۱
۱۰	۱۲۷۵	۰٫۱۱		۰٫۱۹			۰٫۰۸		۱٫۳۸		۶٫۴۱	۰٫۱۷		۹۰٫۱۱	۰٫۶۳	۰٫۱۲	۰٫۸۰
۱۱	۱۲۷۶		۰٫۲۲				۰٫۱۱		۱٫۴۱		۶٫۵۳	۰٫۲۳		۹۰٫۱۵	۰٫۴۶		۰٫۸۹
۱۲	۱۲۷۷				۰٫۲۱	۰٫۲۳			۱٫۲۶	۰٫۱۶	۶٫۴۱		۰٫۳۳	۹۰٫۰۲	۰٫۶۲		۰٫۷۶
۱۳	۱۲۷۸				۰٫۲۵	۰٫۳۶		۰٫۱۸	۱٫۳۴		۶٫۲۳	۰٫۱۸		۹۰٫۱۰	۰٫۵۷		۰٫۷۹
۱۴	۱۲۷۹		۰٫۱۸		۰٫۱۴	۰٫۲۶			۱٫۵۸		۵٫۷۲	۰٫۱۴	۰٫۲۹	۹۰٫۱۶	۰٫۵۱	۰٫۲۱	۰٫۸۱
۱۵	۱۲۸۰	۰٫۰۸			۰٫۲۳	۰٫۲۹			۱٫۶۷	۰٫۱۴	۶٫۰۲			۹۰٫۰۷	۰٫۵۴		۰٫۹۶
۱۶	۱۲۸۱	۰٫۱۲						۰٫۱۷	۲٫۹۸	۰٫۱۹	۷٫۷۳			۸۷٫۲۱	۰٫۴۷	۰٫۱۹	۰٫۹۴
۱۷	۱۲۸۲			۰٫۲۳	۰٫۲۷	۰٫۳۲			۲٫۷۶	۰٫۲۷	۷٫۵۴			۸۷٫۱۵	۰٫۵۹		۰٫۸۷
۱۸	۱۲۸۳			۰٫۲۱					۳٫۰۱	۰٫۲۴	۷٫۵۹	۰٫۲۵		۸۷٫۱۶	۰٫۶۱		۰٫۹۳
۱۹	۱۲۸۴			۰٫۱۸			۰٫۰۵		۲٫۸۲	۰٫۱۴	۸٫۱۳			۸۷٫۱۲	۰٫۵۰	۰٫۱۸	۰٫۸۸
۲۰	۱۲۸۵		۰٫۱۱		۰٫۲۴	۰٫۲۶			۲٫۷۴		۷٫۹۰		۰٫۲۸	۸۷٫۱۵	۰٫۵۴		۰٫۷۸
۲۱	۱۲۸۶				۰٫۲۴	۰٫۲۷			۲٫۹۱		۷٫۶۹		۰٫۳۴	۸۷٫۰۸	۰٫۶۴		۰٫۸۳
۲۲	۱۲۸۷	۰٫۱۱			۰٫۱۵	۰٫۱۹	۰٫۰۸	۰٫۱۶	۲٫۸۹	۰٫۱۳	۷٫۷۱			۸۷٫۰۹	۰٫۶۰		۰٫۸۹
۲۳	۱۲۸۸			۰٫۱۳			۰٫۱۲		۲٫۹۷		۷٫۹۹	۰٫۱۴		۸۷٫۱۱	۰٫۵۸	۰٫۱۵	۰٫۸۱
۲۴	۱۲۸۹				۰٫۲۳	۰٫۲۹		۰٫۱۲	۲٫۹۵		۷٫۸۰			۸۷٫۱۹	۰٫۵۲		۰٫۹۰
۲۵	۱۲۹۰		۰٫۱۹						۲٫۸۶	۰٫۱۶	۸٫۰۷			۸۷٫۱۷	۰٫۵۶		۰٫۹۹
۲۶	۱۲۹۱	۰٫۰۸			۰٫۱۶	۰٫۲۰			۴٫۱۹		۹٫۴۲	۰٫۱۱	۰٫۲۷	۸۴٫۳۲	۰٫۴۸		۰٫۷۷
۲۷	۱۲۹۲			۰٫۱۹			۰٫۰۹		۴٫۲۳		۹٫۵۲			۸۴٫۳۵	۰٫۵۶	۰٫۲۱	۰٫۸۵
۲۸	۱۲۹۳				۰٫۲۸	۰٫۳۰		۰٫۱۵	۴٫۰۷		۹٫۰۹	۰٫۱۹		۸۴٫۲۹	۰٫۶۵	۰٫۱۶	۰٫۸۲
۲۹	۱۲۹۴		۰٫۱۶		۰٫۲۶	۰٫۳۳			۴٫۱۱	۰٫۱۵	۹٫۰۳	۰٫۱۷		۸۴٫۲۴	۰٫۶۱		۰٫۹۴
۳۰	۱۲۹۵	۰٫۰۹			۰٫۲۰	۰٫۲۴	۰٫۰۶		۴٫۲۸		۹٫۰۷		۰٫۳۲	۸۴٫۳۱	۰٫۵۹		۰٫۸۴

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشتر مقدار عنصری را پس از نقره (Ag)، عناصر مس (Cu)، آهن (Fe)، سرب (Pb) و طلا (Au) دارند و جزئی از تمامی سکه‌ها بوده‌اند؛ بنابراین این عناصر پرتکرار را عناصر اصلی تشکیل‌دهنده فلز سکه‌ها باید دانست. اما هرکدام از این عناصر چگونه تحلیل می‌شود؟ ابتدا برای پاسخ به این سؤال باید حد پایین و بالا مقدار هر عنصر مشخص گردد (جدول ۵).

جدول ۵: میزان حد پایین‌ترین و بالاترین مقدار عناصر اصلی فلز سکه‌های موردمطالعه (مأخذ: نگارندگان)

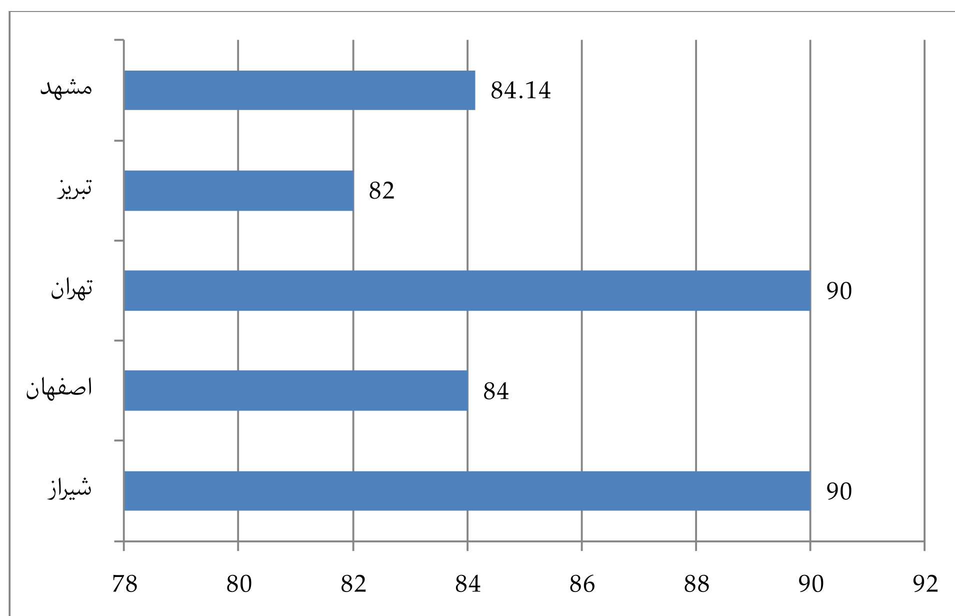
*	نقره	مس	آهن	سرب	طلا
پایین‌ترین	۸۴٫۲۴	۵٫۷۱	۱٫۰۳	۰٫۷۳	۰٫۴۳
بالاترین	۹۰٫۱۷	۹٫۵۲	۴٫۲۸	۰٫۹۹	۰٫۶۶

مقدار خلوص نقره این سکه‌ها بین ۹۰,۱۷-۸۴,۲۴ درصد بوده که اختلاف مقدار ۵,۹۳ درصدی بین بالاترین و پایین‌ترین حد خلوص نقره مشاهده می‌شود اما این اختلاف مقدار چگونه پدید آمده است؟ با توجه به جدول ۴ و ستون درصد خلوص نقره، می‌توان تغییرات خلوص نقره را در طی سی سال ضرب این سکه‌ها مشاهده نمود؛ بین سال‌های ۱۲۸۰-۱۲٦٦ق/ ۱۸٦۴-۱۸۵۰م میانگین ۹۰,۰۹ درصد خلوص نقره بوده، اما در بین سال‌های ۱۲۹۰-۱۲۸۱ق/ ۱۸۷۳-۱۸٦۵م ۸۷,۱۴ درصد و در بین سال‌های ۱۲۹۵-۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۸-۱۸۷۴م با میانگین ۸۴,۳۰ درصد خلوص نقره، افول کیفیت و افت ارزش قران‌های ضرب مشهد، آشکار می‌شود. معمولاً فلز مس به‌صورت طبیعی با مقادیری کمتر از ۲ درصد در فلز سکه‌ها وجود، اما اگر این مقدار افزایش یابد، نمی‌توان آن را طبیعی قلمداد کرد و حتماً آمیختگی اختیاری صورت پذیرفته است (Hughes & Hall, 1979: 321-344). سکه‌های این پژوهش دارای مقدار ۹,۵۲-۵,۷۱ درصد مس می‌باشد که اختلاف مقدار ۳,۸۱ درصدی بین بالاترین و پایین‌ترین حد خلوص مس مشاهده می‌شود؛ با توجه به جدول ۴ و ستون درصد خلوص مس، می‌توان تغییرات خلوص مس را در بین سال‌های ۱۲۸۰-۱۲٦٦ق/ ۱۸٦۴-۱۸۵۰م با میانگین ٦,۲۰ درصد، ۱۲۹۰-۱۲۸۱ق/ ۱۸۷۳-۱۸٦۵م با میانگین ۷,۸۱ درصد و ۱۲۹۵-۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۸-۱۸۷۴م با میانگین ۹,۲۲ درصد، شاهد بود که این می‌تواند نشان‌دهنده آمیختگی اختیاری این فلز جهت پایین آوردن مقدار خلوص نقره باشد. همچنین وجود عنصر آهن به گونه معمول، به‌واسطه آلودگی سطح که ناشی از محیط دفن شدن سکه‌ها می‌باشد (Flament & Marchetti, 2004: 179-184)، اما سکه‌های این پژوهش، سکه‌های پیداشده از دل خاک نبوده و مقدار بیشتری از آهن را در خود جای داده‌اند. این سکه‌ها از مقدار ۴,۲۸-۱,۰۳ درصد آهن برخوردارند که اختلاف مقدار ۳,۲۵ درصدی بین بالاترین و پایین‌ترین حد خلوص آهن مشاهده می‌شود؛ با توجه به جدول ۴ و ستون درصد خلوص آهن، می‌توان تغییرات خلوص آهن را در بین سال‌های ۱۲۸۰-۱۲٦٦ق/ ۱۸٦۴-۱۸۵۰م با میانگین ۱,۳۹ درصد، ۱۲۹۰-۱۲۸۱ق/ ۱۸۷۳-۱۸٦۵م با میانگین ۲,۸۸ درصد و ۱۲۹۵-۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۸-۱۸۷۴م با میانگین ۴,۱۷ درصد را در نظر گرفت که این نشانه‌ای از عیار زدن آن برای تنظیم عیار فلز سکه‌ها بوده است.



تصویر ۴: نمودار تغییرات مقدار خلوص نقره، مس و آهن در بین سال‌های ۱۲۹۵-۱۲٦٦ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م (مأخذ: نگارندگان)

در حال حاضر حدود نصف نقره موجود در جهان از معادن سرب استخراج می‌شود (Hughes & Hall, 1979: 321-344)، بنابراین اگر سرب نیز با مقادیر کمی (۱ درصد و کمتر از آن) در سکه‌های نقره مشاهده شود، جای شگفتی نسیت؛ اما این مقدار سرب، معمولاً در فرآیند استحصال نقره جدا می‌شود و اگر چنین نباشد، می‌تواند نشان‌دهنده تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال فلز نقره باشد (Flament & Marchetti, 2004: 179-184). سکه‌های موردپژوهش نیز مقدار میانگین ۰٫۸۶ درصد سرب را در خود جای‌داده که استفاده از معادن سرب و تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال نقره را نشان دهد. معادن سربی که از آن‌ها نقره نیز استخراج می‌شود در دو گروه سروزیت[1] و گالنا[2] قرار می‌گیرند. بنابراین اگر نقره استفاده‌شده در سکه‌ها از معادن سروزیت به‌دست‌آمده باشد، مقدار طلای موجود در آن باید به‌طور تقریب بین ۰٫۲ تا ۱٫۵ درصد متغیر است، اما اگر از معادن گالنا استخراج‌شده باشد، مقدار طلای موجود در آن کمتر از ۰٫۲ درصد است (Meyers, 2003: 271). پس سکه‌های موردپژوهش مقدار میانگین ۰٫۵۵ درصد طلا در ساختار آن‌ها دیده می‌شود که می‌تواند نشان‌دهنده استفاده از معادن سروزیت باشد. نظام ضرب سکه دوره ناصری هرچند به‌صورت اسمی پیرو نظام تهران بود، اما در عمل هر شهر نظامی خودمختار داشت و ضرابخانه شهر مشهد نیز از این دایره خارج نبود. با توجه به جدول ۱، رابینو مقدار خلوص نقره سکه‌های ضرابخانه‌های اصلی، یعنی مشهد ۸۴ درصد، تبریز ۸۲ درصد، تهران ۹۰ درصد، اصفهان ۸۴ درصد و شیراز را ۹۰ درصد به دست آورده (Rabino, 1892: 37)، حال این پژوهش با به آزمایش گذاردن سکه‌های ناصری مشهد در تمامی تاریخ‌های ضرب، روند تغییرات میزان خلوص نقره را در سه بازه زمانی بین تاریخ‌های ۱۲۸۰-۱۲٦٦ق/ ۱۸٦۴-۱۸۵۰م با میانگین ۹۰٫۰۹ درصد، ۱۲۹۰-۱۲۸۱ق/ ۱۸۷۳-۱۸٦۵م با میانگین ۸۷٫۱۴ درصد و ۱۲۹۵-۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۸-۱۸۷۴م با میانگین ۸۴٫۳۰ درصد، تبیین ساخته و میانگین خلوص نقره سکه‌های ضرب شده در این دوره سی‌ساله را ۸۸٫۱۴ درصد محاسبه نموده است (تصاویر ۴ و ۵).



تصویر ۵: نمودار میزان خلوص نقره سکه‌های ضرابخانه‌های اصلی عصر ناصری در مقابل ضرابخانه مشهد (مأخذ: نگارندگان)

1- Cerussite

2- Galena

نتیجه‌گیری

مشهد در جایگاه مرکز ایالت خراسان، در سده‌های اخیر، پیوسته از اهمیت ویژه اقتصادی و موقعیت تجاری برخوردار بود و بنا بر این ضرورت، از دوران تیموری ضرابخانه فعالی تا سال ۱۲۹۵ق/ ۱۸۷۸م در این شهر دایر بود. در عصر ناصری، نظام پولی ازهم‌گسیخته و در هر شهر قران‌های نقره با عیار متفاوت به ضرب می‌رسید که از نظر نرخ تبدیل با تومان‌های طلای پایتخت برابر نبود. در این میان ضرابخانه مشهد، قران-های نقره فراوانی با عیارهای متفاوت، بین سال‌های ۱۲۹۵-۱۲۶۶ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م به ضرب رساند. با توجه به این مسئله دو پرسش مطرح گردید. نخست آن‌که مقدار خلوص نقره سکه‌های ضرب شده در مشهد چگونه بود و سیر تغییرات آن چگونه رقم خورده است؟ دیگر انکه سکه‌های شهر مشهد، در جایگاه شهر مهم اقتصادی، در برابر شهرهای مهم دیگر نظیر تبریز، تهران، اصفهان و شیراز چگونه بوده است؟ مطالعات باستان‌سنجی به‌ویژه شیوه‌های تجزیه عنصری، کمک مفیدی برای سنجیدن عیار سکه‌ها (و در اینجا سنجش میزان خلوص نقره) است. برای پاسخ دادن به این سؤالات، تعداد ۳۰ سکه متفاوت از نظر تاریخ که در بین سال‌های ۱۲۹۵-۱۲۶۶ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م در مشهد به ضرب رسیده بودند، از مجموعه سیدحسین سادات‌رضوی انتخاب و برای تجزیه عنصری به روش پیکسی به موسسه فیزیک بوبانسور منتقل گشت. با توجه به نتایج آزمایش پیکسی، عنصر نقره به همراه عناصر مس و آهن، فلزات اصلی برای تحلیل قدرت اقتصادی شهر مشهد در عصر ناصری، قرار گرفت که مقادیر خلوص آن‌ها در سه دوره، تغییرات عمده‌ای به شرح زیر داشته است: ۱. ۱۲۸۰-۱۲۶۶ق/ ۱۸۶۴-۱۸۵۰م: نقره (۹۰,۰۹%)، مس (۶,۲%) و آهن (۱,۳۹%). ۲. ۱۲۹۰-۱۲۸۱ق/ ۱۸۷۳-۱۸۶۵م: نقره (۸۷,۱۴%)، مس (۷,۸۱%) و آهن (۲,۸۸%). ۳. ۱۲۹۵-۱۲۹۱ق/ ۱۸۷۸-۱۸۷۴م: نقره (۸۴,۳%)، مس (۹,۲۲%) و آهن (۴,۱۷%). ۴. میانگین دوره سی‌ساله: نقره (۸۸,۱۴%)، مس (۷,۲۴%) و آهن (۲,۳۵). معمولاً عنصر مس به‌صورت طبیعی با مقادیری کمتر از ۲ درصد در فلز سکه‌ها وجود دارد، اما اگر این مقدار از بیشتر از این باشد، نمی‌توان آن را طبیعی قلمداد کرد و حتماً آمیختگی اختیاری صورت پذیرفته است. سکه-های این پژوهش دارای مقدار میانگین ۷,۲۴ درصد مس بوده که آمیختگی عمدی جهت عیارکردن فلز سکه را نشان می-دهد. وجود عنصر آهن نیز به‌واسطه آلودگی سطح که ناشی از محیط دفن‌شدن سکه‌ها است. اما سکه‌های این پژوهش، سکه‌های پیداشده از دل خاک نبوده و مقدار بیشتری از آهن را در خود جای داده‌اند. این سکه‌ها از مقدار میانگین ۲,۳۵ درصد آهن برخوردارند که نیز نشانه‌ای از عیار زدن آن برای تنظیم عیار فلز سکه‌ها بوده است. هرچند که مقدار خلوص نقره سکه‌های ضرب مشهد در سه دوره کاهش‌یافته و دستخوش تغییرات شده است، اما عیار نقره با میانگین ۸۸,۱۴ درصد در دوره‌ای سی‌ساله در مقابل ضرابخانه‌های اصلی، یعنی تبریز با میانگین ۸۲ درصد، تهران با میانگین ۹۰ درصد، اصفهان با میانگین ۸۴ درصد و شیراز با میانگین ۹۰ درصد، بسیار بالا بوده است و این به‌صورت عمومی نشان-دهنده رونق و قدرت اقتصادی شهر مشهد در عصر ناصری می‌باشد. علاوه بر این، به دلیل وجود عنصر سرب با مقدار میانگین ۰,۸۶ درصد، نشانگر استفاده از معادن سرب برای فلز نقره و تعجیل و عدم دقت کافی در استحصال آن بوده است. همچنین معادن سرب به دو گونه سروزیت و گالنا تقسیم می‌شوند که معادن سروزیت بین ۰,۲-۱,۵ درصد و معادن گالنا کمتر از ۰,۲ درصد عنصر طلا را در خود جای‌داده‌اند، پس در این سکه‌ها مقدار میانگین ۰,۵۵ درصد طلا در ساختار آن‌ها وجود دارد که این نیز می‌تواند نشان-دهنده استفاده از معادن سروزیت باشد.

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از سیدحسن سادات‌رضوی (مجموعه‌دار سکه‌های دوره قاجار)، اکرم حسینی (عضو هیئت‌علمی گروه زبان و ادبیات انگلیسی دانشگاه امام رضا(ع))، حسین کوهستانی‌اندرزی (استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه بیرجند)، زهره جوزی (استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان)، حسن هاشمی‌زرج‌آباد (دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه

مازندران) و سیدعلی سیدموسوی (دانشجوی کارشناسی-ارشد باستان‌شناسی دانشگاه نیشابور)، به جهت کمک‌های فراوانشان سپاسگزاری نمایند.

فهرست منابع

۱. اسماعیل‌زاده‌کیوی، سینا. (۱۳۹۲). «مطالعه اشیای مکشوفه از بافت تاریخی اردبیل و محوطه تاریخی مجموعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی با روش گسیل پرتو ایکس با تابش پروتون (PIXE)». ***پایان‌نامه کارشناسی ارشد***. اردبیل: دانشگاه محقق-اردبیلی.

۲. امین‌الدوله، میرزا علی‌خان. (۱۳۳۹). ***خاطرات سیاسی امین‌الدوله***. تصحیح حافظ فرمانفرماییان. تهران: کتاب‌های ایران.

۳. امینی، امین. (۱۳۸۷). ***تاریخ و سکه در پایان امپراتوری ساسانی***. یزد: امینی.

۴. اولیایی-آ، پروین، و همکاران. (۱۳۹۴). «تحلیل عنصری سکه‌های نقره هخامنشی و اشکانی با استفاده از روش آنالیز PIXE». ***پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران***. (شماره ۸)، ۵۲-۳۹.

۵. اولیایی-ب، پروین، و همکاران. (۱۳۹۴). «مطالعه آماری سکه‌های نقره هخامنشی، اشکانی و ساسانی با استفاده از آنالیز عنصری به روش پیکسی». ***مطالعات باستان‌شناسی***. (شماره ۱۱)، ۲۸-۱۷.

۶. باقرزاده‌کثیری، مسعود، و همکاران. (۱۳۹۸). «اصالت-سنجی مسکوکات نقره منسوب به عصر هخامنشی بر مبنای مطالعات فلزکاری کهن (آرکئومتالوژی)». ***پژوهش‌های باستان-شناسی ایران***. (شماره ۲۰)، ۱۲۸-۱۱۵.

۷. تحویلدار، میرزا حسین‌خان. (۱۳۴۲). ***جغرافیای اصفهان (جغرافیای طبیعی و انسانی و آمار اصناف شهر)***. تصحیح منوچهر ستوده. تهران: دانشگاه تهران.

۸. حاجی‌ولیئی، مهدی، و همکاران. (۱۳۸۸). «مطالعه و تحلیل ۳۰ سکه نقره‌ای دوره ساسانی موزه همدان با استفاده از روش PIXE». ***مطالعات ایرانی***. (شماره ۱۶)، ۱۴۹-۱۴۱.

۹. حسینی‌سربیشه، بهزاد، و همکاران. (۱۳۹۸). «آنالیز عنصری سکه‌های الیمایی موزه شخصی محمد صفار به روش پیکسی». ***مطالعات باستان‌شناسی***. (شماره ۱۹)، ۱۱۱-۹۵.

۱۰. خادمی‌ندوشن، فرهنگ، و همکاران. (۱۳۹۰). «شناسایی منابع فلزی استحصال نقره برای ضرب سکه‌های اشکانی در استان ماد بزرگ با روش PIXE». ***مطالعات باستان‌شناسی***. (شماره ۳)، ۸۸-۷۹.

۱۱. خادمی‌ندوشن، فرهنگ، و همکاران. (۱۳۹۴). «بررسی اوضاع سیاسی-اقتصادی حکومت اشکانیان در سال‌های ۲-۵۷ق‌م (دوران پادشاهی ارد دوم و فرهاد چهارم) بر اساس ترکیبات شیمیایی سکه‌های نقره با روش آزمایشگاهی PIXE». ***پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران***. (شماره ۸)، ٦٦-۵۳.

۱۲. سبزعلی، مهدی، و همکاران. (۱۳۹۱). «آنالیز سکه‌های نقره‌ای (یک درهمی) فرهاد چهارم به روش PIXE». ***پیام باستان‌شناس***. (شماره ۱۷)، ۱۱۲-۱۰۳.

۱۳. سعیدی‌سیرجانی، علی‌اکبر. (۱۳٦۱). ***وقایع اتفاقیه: گزارش‌های خفیه‌نویسان انگلیسی***. تهران: نوین.

۱۴. صالحی‌گروس، مهناز، و همکاران. (۱۳۹۴). «تحلیل اوضاع اقتصادی-سیاسی دوره اشکانی ۴۳ تا ۲۰۸م) بر اساس مطالعه مسکوکات نقره گودرز دوم و خسرو دوم ضرب ضرابخانه هگمتانه با استفاده از روش PIXE». ***جامعه‌شناسی تاریخی***. (شماره ۱٦)، ۳۱٦-۳۰۱.

۱۵. عقیلی، عبدالله. (۱۳۷۷). ***دارالضرب‌های ایران در دوره اسلامی***. تهران: بنیاد موقوفات دکتر محمود افشاریزدی.

۱٦. علی‌نژاد، زهرا، و همکاران. (۱۳۹۸). «بررسی و بازنگری ضرابخانه ناشناس ٦۵ سلوکی». ***مطالعات باستان‌شناسی***. (شماره ۱۹). ۲۰۰-۱۸۵.

۱۷. عین‌السلطنه، قهرمان‌میرزا سالور. (۱۳۷٦). **روزنامه خاطرات عین‌السلطنه**. ج۱. تصحیح مسعود سالور و ایرج افشار. تهران: اساطیر.

۱۸. کیان‌زادگان، سوسن. (۱۳۹۷). «تحلیل قدرت اقتصادی در دوره پیروز ساسانی به کمک آزمایش PIXE: مطالعه موردی سکه‌های مکشوفه از پیروزگت (چابهار، بلوچستان ایران)». ***پایان‌نامه کارشناسی ارشد***. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۹. کیان‌زادگان، سوسن، و همکاران. (۱۳۹۸). «تجزیه عنصری سکه‌های پیروز ساسانی به روش پیکسی (PIXE)، مطالعه موردی: سکه‌های گنجینه پیروزگت کشف‌شده از روستای تیس چابهار». ***پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران***. (شماره ۲۲)، ۱۹٦-۱۸۱.

۲۰. لامعی‌رشتی، محمد. (۱۳۸۲). «نقش تحلیل عنصری در باستان‌سنجی: تجزیه آزمایشگاه واندوگراف». ***مجموعه مقالات نخستین همایش باستان‌سنجی در ایران: نقش علوم پایه در***

باستان‌شناسی. به‌کوشش مسعود آذرنوش. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشکده باستان‌شناسی)، ۷۵-۹۲.

۲۱. لامعی‌رشتی، محمد، و همکاران. (۱۳۸۱). «معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی». **نامه بهارستان**. (شماره ٦)، ۴۳٦-۴۳۱.

۲۲. مته، رودی، و همکاران. (۱۳۹٦). **تاریخ پولی ایران از صفویه تا قاجاریه**. ترجمه جواد عباسی. تهران: نامک.

۲۳. محبوبی‌اردکانی، حسین. (۱۳۵۳). **تاریخ مؤسسات تمدنی جدید در ایران**. ج۱. تهران: دانشگاه تهران.

۲۴. مکنزی، چارلز فرانسیس. (۱۳۵۹). **سفرنامه شمال (گزارش اولین کنسول انگلیس در رشت؛ از سفر به مازندران و استرآباد)**. ترجمه منصوره اتحادیه (نظام‌مافی). تهران: گستره.

۲۵. ممتحن‌الدوله، میرزا مهدی‌خان. (۱۳۵۳). **خاطرات ممتحن‌الدوله**. تصحیح حسینقلی خانشقاقی. تهران: امیرکبیر.

۲٦. نوین‌فرح‌بخش، هوشنگ. (۱۳۸۵). **راهنمای سکه‌های ضربی (چکشی) ایران**. تهران: فرح‌بخش.

27. Aarab, A. et al. (2016). "An Analytical Study on 12 Coins from Elymais Era Recovered at Tang-e Sulak Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Southwestern Iran, through Particle Induced X-Ray Spectroscopy (PIXE)". ***International Journal of the Society of Iranian Archaeologists.*** (vol 2, no 4), 75-81.

28. Abbott, K. E. (1983). ***Cities & Trade: Consul Abbott on the Economy and Society of Iran 1847-1866***. Ed. A. Amanat. London: Ithaca.

29. Album, S. (2011). ***Checklist of Islamic Coins***. 3th Edition. Santa Rosa: Stephen Album Rare Coins.

30. Ambrosino, G. & Pindrus, P. (1953). "Analyse non Destructive d'Objets Métalliques Anciens". in ***La Revue de Métallurgie Available***. (vol 50, no 2), 136-138.

31. Beck, L. et al. (2004). "Silver Surface Enrichment of Silver–Copper Alloys: A Limitation for the Analysis of Ancient Silver Coins by Surface Techniques". ***Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms***. (vol 226, no 1-2), 153-162.

32. Bradley-Birt, E. B. (1909). ***Persia – Through Persia from the Gulf to the Caspian***. New York: E. P. Dutton and Co.

33. Dupré, A. (1819). ***Voyage en Perse Fait Dans les Années 1807, 1808, 1809.*** vol2. Paris: J. G. Dentu.

34. Flament. C. & Marchetti, P. (2004). "Analysis of ancient silver coins". ***Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms***. (vol 226, no 1-2), 179-184.

35. Gaschen, A. A-M. et al. (2008), "Restrictions on Fluorine Depth Profiling for Exposure Age Dating in Archaeological Bones". ***Journal of Archaeological Science***. (vol 35, no 3), 535-552.

36. Gordon, B. M. & Kraner, H. W. (1972). "On the Development of a System for Trace Element Analysis in the Environment by Charged Particle X-Ray Fluorescence". ***Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.*** (vol 12, no 2), 181-188.

37. Grant, J. et al. (2002). ***The Archaeology Coursebook: An Introduction to Study Skills, Topics and Methods***. Abingdon: Routledge.

38. Hajivaliei, M. et al. (1999). "PIXE Analysis of Ancient Indian Coins". ***Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms***. (vol 150, no 1-4), 645-650.

39. Harbottle, G. (1986). "Twenty-five years of research in the analysis of archaeological artifacts and works of art". ***Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms.*** (vol 14, no 1), 10-15.

40. Heritage Auctions. (6-7 Jan 2013). ***Ancient & World Coins Signature Action***. Dallas: Heritage Auctions.

41. Hughes, M. J. & Hall, J. A. (1979). "X-Ray Fluorescence Analysis of Late Roman and Sassanian Silver Plate". in ***Journal of Archaeological Science***. (vol 6, no 4), 321-344.

42. Johansson, S. A. E. & Johansson, T. B. (1976). "Analytical Application of Particle Induced X-Ray Emission". ***Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms***. (vol 137, no 3), 473-516.

43. Johansson, T. B. et al. (1970). "X-Ray Analysis: Elemental Trace Analysis at the 10^{-12}g Level". ***Nuclear Instruments and Methods.*** (vol 84, no 1), 141-143.

44. Jones Brydges, H. (1834). ***An Accunt of the Transaction of His Majesty's Mission to the Court of Persia in the Years 1807-11.*** London: James Bohn.
45. Lacy O'Brien, H. de. (1873). ***Banking in Persia.*** London: [L.et.n.].
46. Landor, A. H. S. (1902). ***Across Coveted Lands***. vol 1. London: Charles Scribners Son.
47. Linke, R. et al. (2004). "The Application of Photo, Electron and Proton Induced X-Ray Analysis for the Identification and Characterization of Medieval Silver Coins". ***Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms***. (vol 226, no 1), 172-178.
48. Lorini, E. (1900). ***La Persia Economica Contemporanea e la Sua Questione Monetaria.*** Rome: Ermanno Loescher.
49. Mahdavi, S. (1999***). For God, Mammon, And Country (A Nineteenth Century Persian Merchant: Haj Muhammad Hassan Amin al-Zarb).*** Boulder: Westview Press.
50. Meyers, P. (2003). "Production, Distribution, and Control of Silver: Information Provided by Elemental Composition of Ancient Silver Objects". ***Patterns and Process: a Festschrift in Honor of Dr. Edward V. Sayre***. Suitland: Smithsonian Center for Materials Research and Education, 271–288.
51. Michael, T. (2015). ***Standard Catalog of World Coins 1801-1900***. 8th Edition. Iola: Krause Publications.
52. Morier, J. (1812). ***A Journey Through Persia, Armenia and Asia Minor in the Years 1808 and 1809.*** London: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown.
53. Paruck, F. D. J. (1944). "Mint-Marks on Sāsānian and Arab-Sāsānian Coins". ***Journal of the Numismatic Society of India.*** (vol 6), 79-151.
54. Polak, J. E. (1856). ***Persen, Das Land und Seine Bewohner.*** vol2. Leipzig: P. A. Brockhaus.
55. Rabino di Borgomale, H. L. (1945). ***Coins, Medals, and Seals of the Shahs of Iran, 1500-1941.*** Hertford: Stephan Austin and Sons Ltd.
56. Rabino, J. (1892). "Banking in Persia". ***Journal of the Institute of Bankers***. (no 13), 1-56.
57. Rabino, J. (1901). "An Economist's Notes on Persia". ***Journal of the Royal Statistical Society.*** (no 64), 265-282.
58. Southgate, H. (1840). ***Narrative of a Tour Through Armenia, Kurdistan, Persia and Mesopotamia.*** vol2. New York: D. Appleton and Co.
59. Trézel, C. A. (1808). "Commerce in Shiraz". ***Archives des Affaires Etrangeres.*** MD. Perse 8. Paris: [L.et.n.]. unp.
60. **URL1**:https://en.numista.com/catalogue/pieces57430.html.